

# IDENTIFIKASI NILAI AMPLITUDO SEDIMEN DASAR LAUT PADA PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN *MULTIBEAM ECHOSOUNDER*

Lufti Rangga Saputra <sup>1)</sup>, Moehammad Awaluddin <sup>2)</sup>, L.M Sabri <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

<sup>3)</sup> Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

## ABSTRAK

Multibeam echosounder memiliki kemampuan dalam merekam amplitudo dari gelombang suara yang kembali. Amplitudo yang kembali tersebut telah berkurang karena interaksi dengan medium air laut dan sedimen dasar laut. Analisis terhadap amplitudo dari gelombang suara yang kembali (*backscatter*) memungkinkan untuk mengekstrak informasi mengenai struktur dan kekerasan dari dasar laut, yang digunakan untuk identifikasi jenis sedimen dasar laut. Sinyal kuat yang kembali menunjukkan permukaan yang keras (*rock, gravel*) dan sinyal yang lemah menunjukkan permukaan yang lebih halus (*silt, mud*). Hal tersebut karena semakin besar impedansi suatu medium semakin besar pula koefisien pantulannya. Gelombang akustik dalam perambatannya memiliki energi dan mengalami atenuasi (pengurangan energi) karena interaksinya dengan medium.

Penelitian menggunakan data hasil survey batimetri multibeam echosounder *ELAC SEBEAM 1050D* di laut jawa daerah Balongan Indramayu. Pengolahan dilakukan dengan software *CARIS HIPS and SIPS* dalam pengolahan kedalaman dan software *MbSystem* untuk pengolahan nilai amplitudo. Nilai amplitudo yang didapat dibandingkan dengan hasil coring sedimen sehingga dapat diketahui nilai amplitudo dari suatu sedimen.

Hasilnya terdapat 3 sedimen dengan nilai amplitudo: 300-350 sedimen *Silt* (Lanau), 350 – 400 sedimen *Silty Clay* (Lempung Lanauan) dan 400 – 450 *Clayey Silt* (Lanau Lempungan). Perbedaan nilai amplitudo tersebut karena adanya perbedaan impedansi tiap sedimen dalam mengurangi energi gelombang akustik.

**Kata Kunci** : Gelombang Akustik, Amplitudo, *Multibeam Echosounder*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Salah satu kegiatan yang sering dilakukan dalam pekerjaan atau penelitian hidrografi yaitu survey batimetri. Survey batimetri sendiri secara umum merupakan pekerjaan pengukuran kedalaman air danau atau dasar lautan. Dalam mendapatkan datanya, survey batimetri menggunakan metode pemeruman yaitu penggunaan gelombang akustik untuk pengukuran bawah air dengan menggunakan alat echosounder. Alat tersebut mempunyai prinsip memancarkan bunyi dan kemudian gema dari bunyi tersebut ditangkap kembali untuk mengetahui keberadaan benda-benda di bawah air. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, *echosounder* berkembang dari yang menggunakan *singlebeam* hingga sekarang menggunakan *multibeam* dalam akuisisinya.

Informasi yang didapat dari MBES dapat membantu mengetahui keadaan bawah laut, sehingga bentuk permukaan dasar laut dapat diketahui. Sedangkan untuk mengetahui jenis batuan atau sedimen yang ada di dasar laut tersebut, biasanya menggunakan survey langsung yaitu dengan alat *grab sampler*. Sedimen yang didapat tersebut diproses lebih lanjut untuk mengetahui jenisnya dengan metode-metode tertentu.

Informasi yang didapat oleh *multibeam echosounder* tidak hanya berupa data ketinggian dari pantulan gelombang bunyi yang dipancarkan. Data lain yang dapat diketahui yaitu nilai hamburan dari sinyal suara yang ditransmisikan yang mengenai objek ataupun dasar laut yang disebut *backscatter*. Analisis amplitudo dari gelombang suara yang kembali (*backscatter*) memungkinkan untuk mengekstrak informasi mengenai struktur dan kekerasan dari dasar laut, sehingga dapat digunakan

untuk identifikasi sedimen dasar laut. Informasi yang diketahui yaitu perbedaan amplitudo yang didapat saat gelombang kembali. Informasi sedimen penutup dasar laut tersebut dapat diketahui hanya menggunakan *multibeam echosounder*.

Amplitudo yang didapat dari MBES dapat memudahkan dalam memperoleh data sedimen keseluruhan dari dasar perairan tersebut. Salah satu caranya dengan membandingkan nilai amplitudo dengan hasil coring sehingga didapat nilai amplitudo dari jenis sedimen tersebut. Dengan cara tersebut dapat diidentifikasi kegunaan dan relevansinya dalam menentukan sedimen secara dengan MBES.

### Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud diadakannya penelitian ini adalah menentukan dan mengidentifikasi nilai *backscatter* dari amplitudo sedimen dasar laut yang ada di suatu perairan dari pengolahan data batimetri *multibeam echosounder*. Sedangkan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui prosedur peralatan dan penggunaan alat *multibeam echosounder* (MBES)
2. Mengetahui proses pengolahan data hasil pengukuran *multibeam echosounder*
3. Mengetahui nilai *amplitudo* dari sedimen yang ada di perairan tersebut
4. Mengetahui orde pengukuran yang digunakan dan hasil kedalaman pada perairan tersebut

### Perumusan Masalah

Berdasarkan maksud dan tujuan tersebut di atas, maka perumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai amplitudo yang didapat dari hasil pengolahan *multibeam echosounder*
2. Pengukuran tersebut dapat masuk ke orde berapa pada perairan tersebut
3. Faktor yang mempengaruhi nilai amplitudo dari backscatter

### Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan meliputi tahapan sebagai berikut:



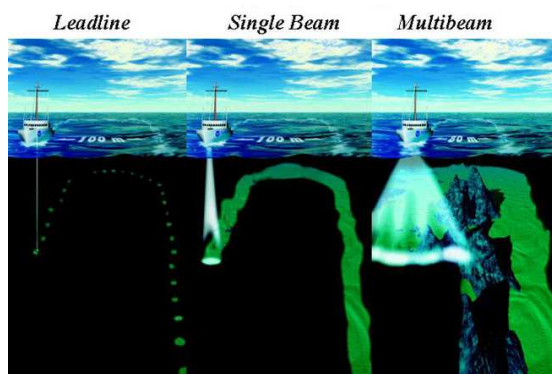
**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

1. Data hasil akusisi diperoleh dari Balai Teknologi Survei Kelautan BPPT tidak hanya mendapatkan data batimetri saja tetapi juga data pendukungnya
2. Pemrosesan data menggunakan dua software yaitu CARIS dan MB System. CARIS digunakan dalam mengolah kedalaman agar lebih akurat sedangkan MB System untuk mengolah data batimetri sehingga didapat amplitudo.
3. Pembuatan visualisasi hasil sebaran sedimen dari nilai amplitudo
4. Analisis data yang diperoleh dari hasil pengolahan sehingga didapatkan kesimpulan dari nilai amplitudo dari sedimen dasar laut dan juga pengaruhnya.

## DASAR TEORI

### *Multibeam Echosounder*

*Multibeam Echosounder* (MBES) merupakan salah satu alat yang digunakan dalam proses pemeruman dalam suatu survei hidrografi. Pemeruman (*sounding*) sendiri adalah proses dan aktivitas yang ditunjukkan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*). Sedangkan survei hidrografi adalah proses penggambaran dasar perairan tersebut, sejak pengukuran, pengolahan, hingga visualisasinya. (Poerbandono dan Djunarsah, 2005).



**Gambar 2.** Perbandingan cakupan

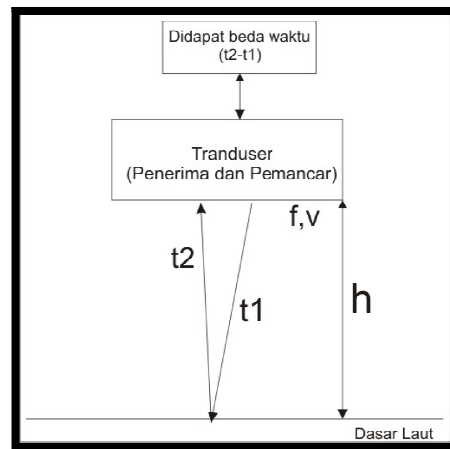
*Multibeam Echosounder* adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur banyak titik kedalaman secara bersamaan yang didapat dari suatu susunan transduser (*transducer array*) (Lekkerkerk, 2006).

Berbeda dengan *sidescan sonar*, pola pancaran yang dimiliki *Multibeam Echosounder* melebar dan melintang terhadap badan kapal. Perbedaan lainnya, *Multibeam Echosounder* dari alat lain adalah jumlah beam yang dipancarkan lebih dari satu pancaran. Setiap *beam* memancarkan satu pulsa suara dan memiliki penerimanya masing-masing.

Hasil sudut pancaran *beam* terluar sering kali mengalami kesalahan karena lintasan gelombang akustik yang lebih panjang jaraknya, sehingga memperbesar kesalahan refraksi sudut. Tiap-tiap *stave* pada MBES akan memancarkan

sinyal pulsa akustik dengan kode tertentu sehingga kode sinyal antara *stave* yang satu dengan *stave* yang lain berbeda walaupun menggunakan frekuensi yang sama.

Menurut Sasmita (2008), pada prinsipnya *Multibeam Echosounder* menggunakan pengukuran selisih fase pulsa untuk teknik pengukuran yang digunakan. Selisih fase pulsa ini merupakan fungsi dari selisih pulsa waktu pemancaran dan penerimaan pulsa akustik serta sudut datang dari sinyal tiap-tiap transduser.



**Gambar 3.** Geometri Waktu Transduser  
(Djunarsah, 2005)

### Aplikasi *Multibeam Echosounder* (MBES) Dalam Survei Batimetri

Survey batimetri adalah bagian dari kegiatan survei hidrografi yang bertujuan untuk menentukan kedalaman laut dan bahaya pelayaran bagi kepentingan navigasi. Survei batimetri merupakan kegiatan penentuan kedalaman dan konfigurasi dasar laut berdasarkan analisis profil kedalaman. Profil kedalaman adalah hasil pemeruman dari sounding. Berdasarkan profil kedalaman dapat dibuat garis kontur kedalaman sehingga variasi morfologi dasar laut dapat ditampilkan terdiri atas titik-titik kedalaman peta yang menampilkan variasi morfologi kedalaman dasar laut disebut peta batimetri.

Pengukuran kedalaman dilakukan pada titik-titik yang dipilih untuk mewakili keseluruhan daerah yang akan dipetakan. Pada titik-titik tersebut juga dilakukan pengukuran untuk penentuan posisi. Titik-titik tempat dilakukannya pengukuran untuk penentuan posisi dan kedalaman disebut sebagai titik sounding. Pada setiap titik sounding harus juga dilakukan pencatatan waktu (saat) pengukuran untuk dikoreksi terhadap pengaruh naik turunnya muka air laut karena pasang-surut.

Kerapatan titik-titik pengukuran kedalaman bergantung pada skala model yang hendak dibuat. Titik-titik pengukuran kedalaman berada pada lajur-lajur pengukuran kedalaman yang disebut sebagai lajur perum atau *sounding line*. Sesuai rekomendasi IHO SP-44 mengenai persyaratan bahwa untuk orde special dan orde 1 (table II.1) seperti perairan dipelabuhan perlu mendapatkan alur yang bebas dari bahaya navigasi sehingga survey batimetri mutlak perlu dilakukan dengan menggaunakan MBES untuk mendapatkan *coverage* penuh (SP-44,2008)

**Tabel 1.** Klasifikasi Survei

ORDER	SPECIAL	1	2	3
Contoh area yang dipetakan	Pelabuhan, tempat berlaluh, dan saluran-saluran kritis dengan hambatan serta hambatan sarat kapal minimum	Pelabuhan, yang mendekati terusan, jalur anjuran, dan daerah perairan dengan kedalaman hingga 100 m	Daerah yang tidak tercakup dalam orde special dan orde 1 atau daerah dengan kedalaman hingga 200 m	Daerah yang tidak tercakup dalam orde special atau orde 1 dan 2
Ketelitian Horizontal dan Vertikal (tingkat kepercayaan = 95%)	2m dan a = 0.25 m b = 0.0075	5 m ± 5% dan a = 0.5m b = 0.013	20 m ± 5% dan a = 1.0 m b = 0.023	150 ± 5% dan a = 1 m b = 0.023

Ketelitian di atas dengan skala 1 : 100.000 pada pengukuran terestris, jika menggunakan GPS maka

kesalahan posisi horizontal harus kurang dari 10 cm (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005). Koefisien a dan b adalah parameter yang digunakan untuk menghitung akurasi kedalaman. Adapun kesalahan antara dalam titik fix perum pada lajur utama dan lajur silang tidak boleh melebihi toleransi berikut:

$$\Sigma = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots\dots\dots(1)$$

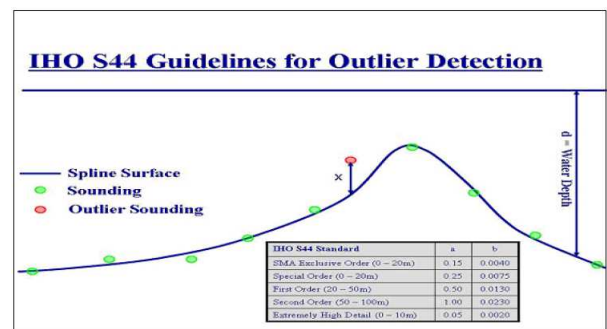
Dimana:

a = Kesalahan independen (jumlah kesalahan yang bersifat tetap)

b = Faktor kesalahan kedalaman dependen (jumlah kesalahan yang bersifat tidak tetap)

d = Kedalaman terukur

(b x d) = Kesalahan kedalaman yang dependen (jumlah semua kesalahan kedalaman yang dependen)



**Gambar 4.** Kesalahan deteksi kedalaman (IHO SP-44, 2008)

### Gelombang Akustik

Suara terdiri dari gerakan teratur molekul-molekul suatu benda yang elastis .karena sifat elastisnya gerakan partikel pada suatu bahan, seperti gerakan yang diakibatkan oleh sumber suara, diteruskan ke partikel terdekatnya. Oleh karena itu gelombang suara yang merambat dari sebuah sumber memiliki kecepatan yang sama dengan kecepatan suara. Di dalam fluida gerakan partikel adalah maju dan mundur sejajar dengan arah rambatannya. Karena fluida bersifat kompresibel, gerakan ini mengakibatkan adanya

perubahan tekanan yang dapat dideteksi oleh sebuah *hydrophone* yang sensitif terhadap tekanan.

### 1. Impedansi Akustik

Pada gelombang ultrasonik terdapat impedansi akustik yang mempengaruhi pantulan dari gelombang tersebut. Impedansi akustik dapat digunakan untuk menentukan jenis atau karakteristik medium yang dilalui oleh suatu gelombang. Selain itu impedansi gelombang akustik juga menentukan peristiwa-peristiwa gelombang yang terjadi apabila suatu gelombang melewati bidang batas antara dua medium yang berbeda. Impedansi akustik ( $Z$ ) didefinisikan sebagai perkalian densitas ( $\rho$ ) dari medium yang tegak lurus gelombang suara dan kecepatan perambatan suara ( $c$ ) dalam medium. Satuan dari akustik impedansi adalah  $\text{kg}/(\text{m}^2\text{sec})$  dan sering dinyatakan dalam rayl, dimana  $1\text{rayl} = 1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{sec})$ .

$$Z = \rho c \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

$Z$  = Impedansi akustik

$\rho$  = adalah densitas dalam  $\text{kg}/\text{m}^3$

$c$  = kecepatan suara dalam  $\text{m}/\text{s}$

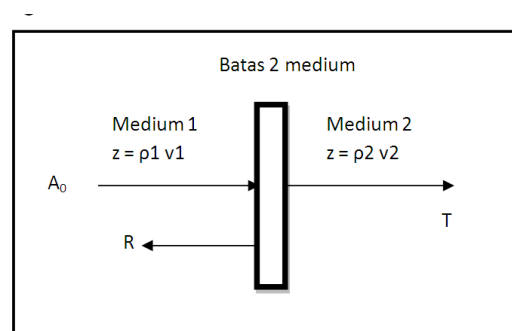
Perbedaan impedansi akustik bidang batas yang besar, seperti air dan batu karang, energi suara datang hampir semuanya dipantulkan, tapi jika perbedaan lebih kecil seperti air dan lumpur, pantulan hanya sebagian kecil dari energi suara yang datang kemudian sisa energinya dilanjutkan ke bagian lain. Impedansi akustik mempunyai peran:

- a. Penetapan transmisi dan refleksi gelombang batas antara dua materi yang memiliki impedansi akustik berbeda
- b. Mendesain transduser
- c. Memperkirakan absorpsi gelombang suara dalam medium

### 2. Pemantulan (Refleksi)

Ketika gelombang suara melalui bidang batas antara dua medium dengan bahan berbeda yang masing-masing memiliki cepat rambat suara yang berbeda, maka sebagian energi gelombang suara itu akan dipantulkan dan sebagian lainnya akan dibiaskan dengan aturan yang mirip dengan peristiwa pemantulan dan pembiasan gelombang cahaya. Dalam peristiwa ini hukum Snellius dimanfaatkan untuk mengetahui besarnya arah pembiasan berkas suara.

Amplitudo pulsa dilemahkan oleh adanya absorpsi materi dan energi yang direfleksikan. Hal ini menyebabkan gelombang echo yang dikirimkan kembali ke transduser sangat kecil dibandingkan dengan pulsa awal yang dihasilkan transduser. Energi yang dipantulkan oleh gelombang ultrasonik pada perbatasan antara dua medium terjadi karena perbedaan dari impedansi akustik dari dua medium. Koefisien pantul menjelaskan fraksi dari intensitas gelombang datang pada suatu permukaan yang direfleksikan kembali.



**Gambar II.25** Proses pemantulan suara

Keterangan

$A_0$  = Amplitudo gelombang ultrasonik mula-mula

$R$  = Amplitudo gelombang ultrasonik yang dipantulkan

$T$  = Amplitudo gelombang yang ditransmisikan

Dalam suatu perumusan  $R_p$  didefinisikan sebagai perbandingan tekanan pantul,  $P_r$  dan tekanan yang diberikan  $P_i$  yang dirumuskan:

$$R_p = \frac{P_r}{P_i} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \dots\dots\dots(3)$$

Koefisien intensitas pantul  $R_i$  didefinisikan sebagai perbandingan dari intensitas pantulan dan intensitas yang datang:

$$R_i = \frac{I_r}{I_i} = \left( \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 \dots\dots\dots(4)$$

Subskrip 1 dan 2 menunjukkan medium 1 dan 2 . koefisien intensitas transmisi,  $T_i$  didefinisikan sebagai fraksi dari identitas datang yang ditransmisikan menyeberangi suatu pemisah. Berdasarkan hukum kekekalan energi, koefisien intensitas transmisi adalah  $T_i = 1 - R_i$ .

### 3. Pembiasan (Refraksi)

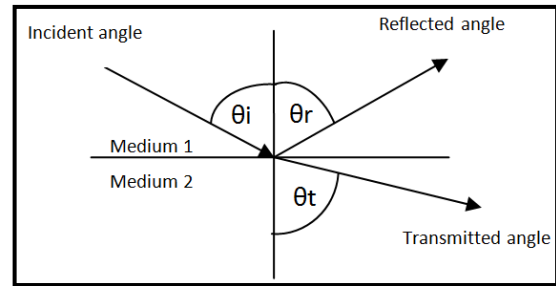
Refraksi menjelaskan perubahan arah transmisi energi gelombang ultrasonik pada permukaan medium, ketika gelombang tidak tegak lurus terhadap permukaan medium. Frekuensi gelombang ultrasonik melewati medium dengan sudut tertentu sehingga pulsa mengalami refraksi. Karakteristik ultrasonik yang penting adalah lebar dari berkas ultrasonik.

Sudut gelombang datang, dipantulkan dan ditransmisikan diukur relatif terhadap gelombang datang normal di perbatasan medium. Sudut refraksi ( $\theta_t$ ) ditetapkan dengan perubahan kecepatan suara yang terjadi diperbatasan dan dihubungkan ke sudut datang ( $\theta_i$ ) dengan hukum snellius.

$$\frac{\sin \theta_t}{\sin \theta_i} = \frac{c_2}{c_1}$$

$$\frac{\sin \theta_i}{c_1} = \frac{\sin \theta_r}{c_1} = \frac{\sin \theta_t}{c_2} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana : ( $\theta_i$ ) dan ( $\theta_t$ ) adalah sudut datang dan transmisi



**Gambar II.26** Proses Pembiasan dan pemantulan

$C_1$  dan  $C_2$  adalah kecepatan suara di medium 1 & 2 dan medium 2 membawa energi gelombang ultrasonik yang ditransmisikan. Kecepatan gelombang ultrasonik bervariasi pada medium yang berbeda. Untuk sudut datang dan yang ditransmisikan, hukum snellius dapat dilakukan pendekatan

$$\frac{\theta_t}{\theta_i} \cong \frac{c_2}{c_1}$$

### 4. Hamburan (Scattering)

Hamburan merupakan suatu pemantulan spekular di suatu perbatasan medium yang halus antara dua medium, dimana dimensi dari perbatasan lebih besar daripada panjang gelombang dari energi ultrasonik yang datang. Hamburan akustik berasal dari objek medium yang ukuran panjang gelombangnya lebih kecil sehingga menyebabkan gelombang menyebar pada banyak arah.

Karena pemantul nonspekular memantulkan suara pada semua arah, amplitudo dari echo yang dikembalikan lebih lemah daripada echo di permukaan jaringan. Pada umumnya, amplitudo sinyal echo dari suatu medium tergantung kepada jumlah hamburan per unit volume, impedansi akustik material, ukuran penghambur dan frekuensi gelombang ultrasonik. *Hiperecho* (amplitudo hamburan yang lebih tinggi) dan *hipoecho* (amplitudo hamburan yang lebih kecil) menjelaskan karakteristik relatif rata-rata sinyal dasar. Area *hiperecho* selalu mempunyai



jumlah hamburan yang lebih banyak, impedansi akustik yang lebih besar dan hamburan yang lebih besar.

## 5. Atenuasi

Atenuasi gelombang ultrasonik merupakan pelemahan energi akustik yang hilang selama perambatan gelombang yang sebagian besar disebabkan oleh pantulan, hamburan dan penyerapan gelombang datang oleh suatu medium. Konstanta atenuasi dapat dimodelkan

$$\text{Atenuasi} = \alpha \text{ [dB/(MHz cm)]} \cdot l \text{ [cm]} \cdot f \text{ [MHz]} \dots (6)$$

Keterangan:

$\alpha$  = nilai parameter atenuasi suatu medium

$l$  = panjang jarak tempuh gelombang

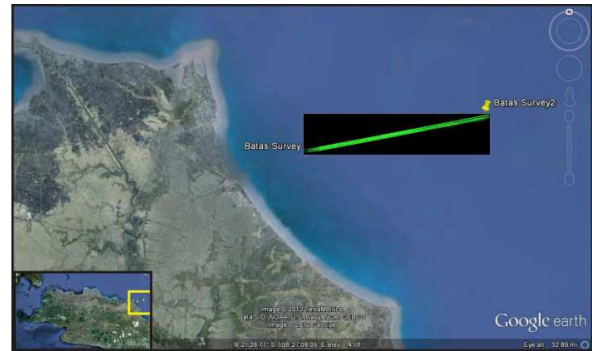
$f$  = adalah frekuensi pusat transduser.

Akibatnya, frekuensi transduser ultrasonik yang lebih tinggi akan meningkatkan atenuasi. Hal ini diakibatkan oleh adanya atenuasi yaitu pengurangan intensitas suara seiring dengan penambahan jarak tempuh. Dalam kondisi ideal, tekanan udara hanya berkurang akibat penyebaran gelombang tetapi pada kenyataannya, penyerapan dan penghamburan energi oleh medium yang dilewati gelombang turut serta memperbesar atenuasi.

## PENGOLAHAN DATA

### Lokasi Penelitian

Survei dilakukan selama tiga bulan, yaitu pada bulan Februari sampai dengan April 2011 sekitar wilayah Balongan, Indramayu Provinsi Jawa Barat. Lokasi tersebut dipilih karena akan menjadi tempat kegiatan peletakan pipa bawah laut yang menyalurkan *Liquid Natural Gas* (LNG) dari laut ke darat.



**Gambar 6.** Lokasi survey

Data yang digunakan merupakan data sekunder dari Balai Teknologi Survey Kelautan BARUNA JAYA, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Data diperoleh menggunakan instrument hidroakustik multibeam *ELAC SEABEAM 1050D* dengan frekuensi 50kHz yang terpasang pada kapal riset baruna jaya IV milik BPPT.



**Gambar 7.** Kapal Baruna Jaya IV

Pengolahan data dilakukan di Balai Teknologi Survei Kelautan BPPT dengan menggunakan software *CARIS* dan *MB System* dari *LINUX POSEIDON*. Data *multibeam echosounder* yang digunakan yaitu data yang telah dikoreksi pada saat akusisi sebelumnya. Selain itu data pendukung lainnya yaitu: data *SVP (sound velocity Profile)*, data pasut, file kapal dan data koring.

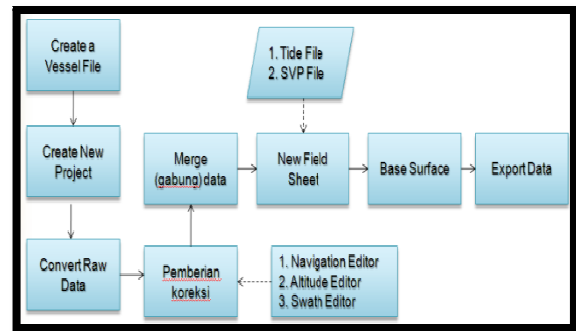
### Pengolahan Data Kedalaman Dengan Caris

Data yang telah diakusisi selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak *Caris HIPS and SIPS 6.1* dan *MB System*. Perangkat lunak Caris digunakan untuk mengolah nilai kedalaman sehingga didapatkan produk akhir berupa peta

batimetri sedangkan MB System digunakan untuk melakukan klasifikasi dasar perairan dengan mencocokkan nilai amplitudo yang sudah diinterpolasi dengan data hasil coring.

Data kedalaman hasil akuisisi dalam perangkat lunak *Hydrostar* belum dapat menggambarkan dasar laut secara akurat. Oleh karena itu, data kedalaman tersebut kemudian diekstrak dalam format *\*XSE* untuk selanjutnya diproses menggunakan perangkat lunak *Caris HIPS&SIPS 6.1*. Tahap awal pengolahan data adalah pembuatan file kapal (*Vessel file*). *Vessel file* berisi nilai koordinat setiap sensor yang direferensikan terhadap titik pusat kapal (*centre line*). Proses berikutnya, yaitu pembuatan proyek baru (*create new project*) dengan menggunakan *vessel file* yang telah dibuat. Setelah *project* dibuat, data kedalaman dalam bentuk *\*XSE* diubah menjadi *hsf* menggunakan menu *conversion wizard* sehingga data tersebut dapat diproses dalam perangkat lunak *Caris HIPS&SIPS 6*. Data kedalaman tersebut selanjutnya diproses menggunakan menu *swath editor* untuk menghilangkan *ping* yang dianggap buruk.

*Altitude editor* dan *navigation editor* kemudian digunakan untuk menghilangkan pengaruh pergerakan dan kecepatan kapal yang memiliki nilai diluar kisaran. Setelah *editing* data dilakukan kemudian dimasukan parameter-parameter yang mempengaruhi nilai kedalaman, yaitu pasang surut dan kecepatan gelombang suara masing-masing melalui menu *load tide* dan *sound velocity correction*. Data-data tersebut kemudian digabungkan (*merging*) untuk didapatkan hasil akhir berupa peta batimetri. Peta batimetri tersebut kemudian diexport kedalam bentuk ASCII sehingga dapat divisualisasikan menggunakan GMT. Gambar III.11 merupakan diagram alir pemrosesan data data kedalaman yang dilakukan.



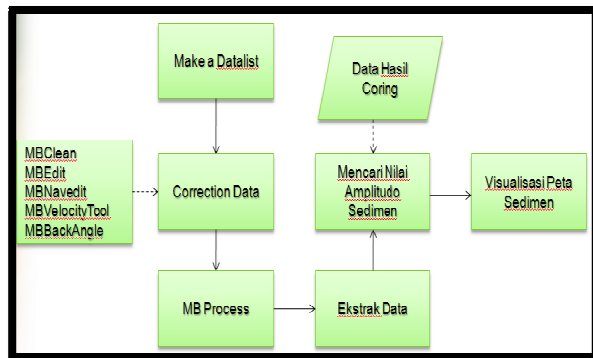
**Gambar 8.** Diagram Alir Pengolahan Kedalaman Pada CARIS

### Pengolahan Data Backscatter Pada MB System

*MB System* adalah paket perangkat lunak *open source* untuk pengolahan dan menampilkan data batimetri dan citra *backscatter* berasal dari *multibeam*, interferometri dan *Side scan sonar*. *MB System* merupakan software yang terintegrasi pada system operasi *Linux Poseidon* digunakan untuk mengolah data penelitian dari pancaran sonar data MBES yang mensupport banyak format dari data tersebut. *MB System* digunakan dalam hubungannya dengan software *GMT (Generic Mapping Tool)* yang dibuat oleh Paul Wessel dari *Universitas Hawaii* dan Walter Smith dari *NOAA*.

Jantung dari sistemnya merupakan *input/output* yang disebut *MBIO* yang memungkinkan program untuk bekerja secara transparan dengan salah satu dari beberapa format data pendukung. Pendekatan ini telah memungkinkan terciptanya fungsi yang umum yang dapat diterapkan seragam ke data sonar dari berbagai sumber. Program ini kebanyakan merupakan *command line tool* seperti *command prompt*, dan di dalamnya belum termasuk alat-alat grafis untuk mengedit pancaran batimetri, mengedit navigasi, perhitungan modeling batimetri, dan menyesuaikan navigasi survey.



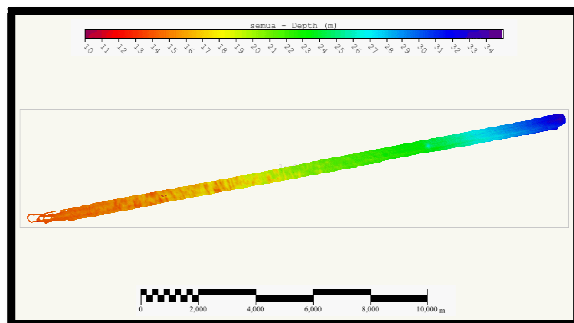


**Gambar 9.** Diagram alir pengolahan pada MBSytem

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Topografi Dasar Laut

Dalam pengolahan tersebut ada beberapa hal yang penting dilakukan agar didapat gambar peta batimetri yang akurat salah satunya nilai *offset* dari setiap sensor yang digunakan harus dihitung terhadap *center line*. Koreksi yang harus dilakukan, yaitu koreksi *swath* dan koreksi navigasi kapal.



**Gambar 10.** Gambaran dasar laut keseluruhan daerah penelitian

Berdasarkan ketentuan IHO Tahun 2008, lokasi penelitian termasuk dalam orde 1b dengan ketelitian horizontal sebesar 5 m + 5% kedalaman. Spasi lajur perum maksimum orde ini, yaitu tiga kali kedalaman rata-rata atau 25 meter tergantung dari nilai yang paling besar. *Special publication* No. 44 (S.44)-IHO Tahun 1998 menjelaskan bahwa skala pemeruman menentukan resolusi dari peta batimetri yang dihasilkan. Pada orde ini perhitungan ketelitian kedalaman menggunakan

nilai  $a=0.5$  dan nilai  $b=0.013$  sebagai konstanta dalam menghitung ketelitian. Maka didapat dari setiap titik kedalaman nilainya tidak boleh lebih dari selisih jalur utama dan silangnya.

Contoh pada kedalaman  $d = 14.111446$

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{(0.5)^2 + (0.013 \times 14.111446)^2} = 0.53259136$$

Nilai tersebut dibandingkan dari selisih ketinggiannya yaitu 0,435. Apabila nilai selisih lebih kecil dari nilai ketelitian maka kedalaman pada titik tersebut masuk ke dalam orde 1. Beberapa contoh datanya terdapat beberapa data yang tidak termasuk orde 1 sehingga dapat dihilangkan. Contoh datanya dapat dilihat pada tabel di bawah

**Tabel 2.** Beberapa data hasil pengolahan

X <sub>utama</sub>	Y <sub>utama</sub>	d <sub>utama</sub>	d <sub>silang</sub>	Selisih	Ketelitian
228387.175	9300836.563	20.392	20.210	0.18	0.56593
228387.091	9300837.019	20.088	20.304	-0.22	0.56409
228386.734	9300840.124	19.978	20.533	-0.55	0.56343
228386.136	9300845.725	20.164	20.470	-0.31	0.56455
228385.727	9300849.153	19.960	20.507	-0.55	0.56332
228385.674	9300849.685	19.976	20.347	-0.37	0.56342
228385.263	9300853.265	19.873	20.106	-0.23	0.56280
228390.957	9300847.111	19.923	20.237	-0.62	0.56130
228390.898	9300847.478	19.754	20.799	-0.32	0.56643
228390.494	9300851.077	19.785	20.379	0.19	0.56702
228389.031	9300864.016	19.780	20.658	-0.01	0.56747
228388.754	9300866.411	19.717	20.658	-0.16	0.56656
228390.743	9300810.379	21.080	20.609	-0.68	0.56315
228393.023	9300813.781	21.043	21.475	-0.32	0.57062
228400.810	9300816.988	20.966	20.119	-0.14	0.56340
228399.216	9300830.934	20.678	20.176	-0.44	0.56199

Peta batimetri 2 dimensi memberikan informasi mengenai kedalaman lokasi penelitian secara umum. Dimensi Kedalaman laut lokasi penelitian termasuk kedalam kategori laut dangkal Kedalaman laut tersebut berkisar antara 11.5 meter sampai dengan 35.5 meter. Topografi dasar laut relatif datar dengan peningkatan kedalaman menuju laut lepas.

### Hasil Klasifikasi Sedimen Dasar Laut

Nilai kisaran amplitudo yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 300 – 450. Perbedaan nilai amplitudo yang didapatkan disebabkan kedalaman kolom perairan dan ukuran butiran yang berbeda (Urlick, 1983). Nilai amplitudo yang

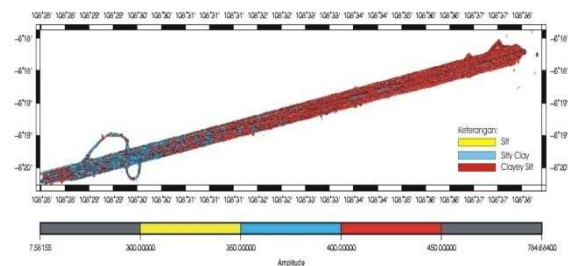
berada diluar kisaran dianggap sebagai data yang tidak teridentifikasi. Nilai amplitudo yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan jenis sedimen yang diperoleh dari hasil *coring*. Perbandingan antara kisaran amplitudo dan jenis sedimen hasil *coring* dilakukan berdasarkan koordinat. *Coring* dilakukan di sepanjang jalur pemeruman sebanyak 27 titik pengambilan dengan interval jarak setiap 1000 meter dengan kedalaman pengambilan sedimen 1.5 meter. Alat yang digunakan adalah *gravity core* tipe *Kulenberg* ukuran 2.5 inch dengan pipa transparan 2 inch. Data *coring* selanjutnya dianalisis di laboratorium untuk kemudian dilakukan interpretasi mengenai informasi geoteknik yang terdapat di lokasi penelitian.

**Tabel 3.** Beberapa Data Hasil Perbandingan Amplitudo dengan Coring

No	Nama	Tanggal	Posisi	h	Jenis Sedimen	Amplitudo
1	B1	6-Nov-10	E 108° 37' 22.32" S 06° 18' 18.80"	29	Lempung Lanauan (Silty Clay)	367
2	B2	6-Nov-10	E 108° 36' 75" S 06° 18' 29"	28	Lempung Lanauan (Silty Clay)	350
3	B3	6-Nov-10	E 108° 36' 15" S 06° 18' 23.15"	28	Lanau Lempungan (Clayey Silt)	421
4	B4	6-Nov-10	E 108° 35' 42.68" S 06° 30' 12.00"	26	Lempung Lanauan (Silty Clay)	389
5	B5	6-Nov-10	E 108° 35' 10.69" S 06° 18' 37.18"	24	Lempung Lanauan (Silty Clay)	400
6	B6	6-Nov-10	E 108° 34' 42.08" S 06° 19' 43.57"	24	Lanau (Silt)	300
7	B7	6-Nov-10	E 108° 34' 15.50" S 06° 18' 47.92"	23	Lempung Lanauan (Silty Clay)	377

Pada koordinat tertentu hasil *coring* didapatkan jenis sedimen *silt* kemudian dilihat kisaran amplitudo dari setiap lokasi tempat jenis sedimen tersebut didapatkan. Proses tersebut juga dilakukan untuk jenis sedimen yang lainnya. Nilai amplitudo kemudian difilter sehingga hanya didapatkan nilai amplitudo dari lokasi penelitian. Nilai kisaran amplitudo 300 – 350 merupakan nilai amplitudo untuk jenis sedimen *silt*. Nilai kisaran amplitudo 350 – 400 merupakan nilai untuk jenis sedimen *silty clay* dan kisaran amplitudo 400 – 450

merupakan nilai kisaran untuk jenis sedimen *clayey silt*.



**Gambar 11.** Peta jenis sedimen seluruh wilayah penelitian

Penelitian lain dilakukan oleh Aritonang tahun 2010 menggunakan data *multibeam Elac Seabeam 1050D* dengan mencocokkan nilai amplitudo dan hasil *coring*. Aritonang (2010) mengklasifikasikan jenis sedimen dasar laut menjadi 3 jenis, yaitu *silty clay* dengan kisaran nilai amplitudo sebesar 311 - 352, *clayey silt* dengan kisaran sebesar 352 - 399 dan jenis sedimen *sandy silt* dengan kisaran amplitudo 399 – 428.

## Analisis

Secara konseptual dengan amplitudo awal yang dipancarkan oleh ELAC SEBEAM 1050D yaitu diketahui sebesar 114 dBuV atau dikonversi menjadi 500 mV. Terjadi pengurangan energi. Gelombang tersebut ketika memancar dengan kecepatan suara dalam air laut. Rumus kecepatan suara di dalam air laut

$$c(T, S, z) = a_1 + a_2T + a_3T^2 + a_4T^3 + a_5(S - 35) + a_6z + a_7z^2 + a_8T(S - 35) + a_9Tz^3 \quad (35)$$

Keterangan:

T = Temperatur (°C)

S = Salinitas (‰)

Z = Kedalaman (m)

Adapun nilai konstanta sebagai berikut:

$$a_1 = 1448.96, a_2 = 4.591, a_3 = -5.304 \times 10^{-2}, a_4 = 2.374 \times 10^{-4}, a_5 = 1.340,$$

$$a_6 = 1.630 \times 10^{-2}, a_7 = 1.675 \times 10^{-7}, a_8 = -1.025 \times 10^{-2}, a_9 = -7.139 \times 10^{-13}$$

diketahui pada suatu survey ini dengan  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $S = 35\text{ ‰}$ ,  $z = 20\text{ m}$  maka kecepatan suara dalam air laut  $1534,620\text{ m/s}$ .

Setelah gelombang menjalar di air dan bertemu medium lain dalam hal ini contoh sedimen silt yang membuat gelombang mengalami pemantulan dan pembiasan. Untuk mengetahui jumlah energi yang berkurang dapat dicari sebagai berikut

Mencari Impedansi air laut dengan densitas ( $\rho$ ) =  $1030\text{ kg/m}^3$ , dan  $C = 1534,620\text{ (m/s)}$

Impedansi ( $Z_1$ ) air laut =  $\rho_1 \cdot C_1 = 1580658,6\text{ kg/(m}^2\text{sec)}$

Mencari Impedansi silt dengan densitas ( $\rho$ ) =  $2160\text{ kg/m}^3$ , dan  $C = 1535\text{ (m/s)}$

Impedansi silty clay ( $Z_2$ ) =  $\rho_2 \cdot C_2 = 3315600\text{ kg/(m}^2\text{sec)}$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien Refleksi } R &= \left( \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right) \\ &= \left( \frac{3315600 - 1580658,6}{3315600 + 1580658,6} \right) = 0,76 = \\ &76\%\end{aligned}$$

Koefisien Transmisi  $D = 1 - R = 1 - 0,76 = 0,24 = 24\%$  (Beicher, Robert J, 2000)

Maka dapat disimpulkan sebanyak  $76\%$  dari amplitudo awal yaitu  $380\text{ mV}$  akan dipantulkan dan kembali ke transduser yaitu sedangkan  $24\%$  nya akan menghilang dibiasakan ke medium sedimen silt sebanyak  $120\text{ mV}$ .

Amplitudo juga dapat berkurang oleh atenuasi atau penghilangan energi selama energi tersebut merambat. Sebagai contoh dalam kedalaman  $20\text{ m}$  serta frekuensi  $50\text{ kHz}$  akan hilang energi sebanyak  $1,01\text{ mV}$ .

$$\text{Atenuasi} = \alpha \cdot l \cdot f$$

Keterangan

$\alpha$  = koefisien atenuasi pada air laut ( $\text{dB}/(\text{MHz cm})$ )

$l$  = panjang lintasan gelombang ( $\text{cm}$ )

$f$  = frekuensi transduser ( $\text{MHz}$ )

Maka nilai atenuasi pada penelitian ini saat gelombang ultrasonik menjalar di air laut yaitu atenuasi  $= \alpha \cdot l \cdot f = 2,2\text{ dBuV}$  atau  $0,0125\text{ mV/m}$

Atenuasi tersebut dipengaruhi oleh frekuensi dan jarak lintasan atau kedalaman yang ditempuh. Pada jarak yang tidak begitu jauh atenuasi dapat dikabaikan karena bernilai kecil.

Perbedaan nilai amplitudo disebabkan oleh impedansi akustik yang berbeda dari antara medium air dan silt. Impedansi akustik merupakan hasil kali dari densitas dan cepat rambat gelombang akustik yang digunakan. Dalam hal ini densitas jenis sedimen yang berbeda akan memberikan nilai amplitudo yang berbeda pula. Nilai impedansi akustik yang lebih besar akan memberikan nilai amplitudo dari hambur balik yang lebih besar pula. Klasifikasi menggunakan kisaran amplitudo dan bukan nilai *backscatter* ( $\text{dB}$ ) merupakan hal yang baru. Amplitudo didapatkan secara langsung berupa nilai hambur balik yang berasal dari dasar sementara itu *backscatter* didapatkan dengan menggunakan penurunan dari intensitas.

Hasil penelitian tersebut mempunyai perbedaan pada penelitian sebelumnya. Perbedaan tersebut terdapat pada kedalaman dari perairan yang di survey dan frekuensi yang digunakan. Perbedaan nilai amplitudo yang terjadi bisa dipengaruhi oleh banyak hal seperti temperatur, salinitas, kecepatan suara pada medium dan sedimen, atenuasi dan impedansi medium. Frekuensi dan kedalaman yang menjadi perbedaan dalam penggunaan dapat dilihat dari nilai atenuasinya pada suatu perhitungan atenuasi penelitian aritong

$$= \alpha \cdot l \cdot f = 23,76\text{ dBuV atau } 0,1413\text{ mV/m}$$

dengan perhitungan tersebut dapat diketahui nilai atenuasi atau pengurangan energi karena penjalaran gelombang menjadi lebih besar. Hal tersebut membuat nilai amplitudo menjadi berbeda pada kedalaman dan penggunaan frekuensi yang berbeda sehingga nilai amplitudo lebih kecil saat diterima kembali.

Nilai yang didapat masih belum akurat dan tidak sama antara dua penelitian tersebut sehingga belum dapat digunakan suatu klasifikasi jenis sedimen dengan nilai amplitudo tersebut. Perlu adanya sebuah penelitian lagi tentang klasifikasi jenis sedimen laut dengan nilai amplitudo agar dapat digunakan dan diketahui kesesuaiannya.

Analisis lainnya, untuk mengetahui pengaruh dari sudut datang maka harus diolah data sudut datang yang dibandingkan dengan nilai amplitudo. Dari pengolahan tersebut dapat diketahui kesimpulan bahwa semakin besar sudut datang maka akan menghasilkan nilai amplitudo yang tidak konstan. Sebaliknya dengan nilai sudut yang kecil maka nilai amplitudo lebih konstan sehingga besarnya sudut datang juga mempengaruhi nilai dari amplitudo yang didapat. Perubahan nilai amplitudo yang besar mulai terjadi pada sudut datang  $50^\circ$ .

Daerah penelitian ini merupakan daerah yang telah mengalami perubahan karena kegiatan manusia yaitu pembuatan jalur pipa bawah laut. Jalur peletakan pipa lokasi penelitian termasuk kedalam kategori *export trunk pipelines*, yaitu jalur pipa yang digunakan untuk menyalurkan hidrokarbon yang sudah diproses di *platform* ke *short based terminal* atau *off shore loading facility*. Informasi dari BPPT menyebutkan bahwa target yang terdapat dalam perairan balongan terdiri dari *pole*, *box*, bekas *mooring* dan potongan pipa. Penelitian tersebut juga mengidentifikasi jenis sedimen yang terdapat di wilayah Perairan Balongan didominasi oleh jenis sedimen *clay* dan *sand*. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai amplitudo diluar 300-450 merupakan objek lainnya seperti bekas *mooring*, potongan pipa ataupun jangkar kapal.

## Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisa dari hasil pengolahan data tersebut dapat ditemukan kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Nilai amplitudo dari sedimen dasar laut didapat sebagai berikut:
  - Amplitudo 300-350 sedimen Silt (Lanau)
  - Amplitudo 350-400 sedimen Silty Clay (Lempung Lanauan)
  - Amplitudo 400-450 sedimen Clayey Silt (Lanau Lempungan)

Dominasi sedimen yang ada pada perairan tersebut adalah Clayey silt.

2. Survey batimetri pada penelitian ini termasuk pada orde 1 dengan kedalaman minimum sebesar 11 meter dan kedalaman maksimum 35 meter.
3. Terdapat Perbedaan hasil nilai amplitudo dari sedimen karena dipengaruhi oleh frekuensi, kedalaman perairan dan sudut datang.
4. Semakin besar sudut datang maka akan menghasilkan nilai amplitudo yang tidak konstan dan sebaliknya dengan nilai sudut yang kecil maka nilai amplitudo lebih konstan. Sudut datang maksimum yang didapat pada pengukuran ini tercatat pada  $60^\circ$ .

## Saran

Adapun beberapa saran yang penulis tawarkan terkait hal-hal tentang topic tugas akhir ini adalah:

1. Data pendukung dalam penelitian seperti ini agar lengkap sehingga dapat menghasilkan data yang lengkap dan akurat
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan amplitudo dasar laut dengan jenis sedimen kembali agar lebih valid lagi teori tersebut

3. Lebih mendalami prosesnya dari akusisi atau jika sempat ikut dalam pengambilan data akusisi langsung di lapangan agar lebih paham saat pengambilan data
4. Kembangkan kemampuan software hidrografi terkait pengolahan data

## Daftar Pustaka

- Aritonang, F.M.L. 2010. *Pengukuran Kedalaman dan Klasifikasi Dasar Laut Menggunakan Instrumen Sea Beam 1050 D Multibeam Sonar*. Skripsi [Tidak Dipublikasikan]. Program Studi Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Bayu Widyoseno, Yosef. 2008. *Studi Korelasi Kekerasan Baja Karbon Rendah SS400 Dengan Cepat Rambat Dan Atenuasi Gelombang Ultrasonik*. Skripsi. Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
- Burczynski, J. 2002. Bottom Classification. BioSonics, Inc. www.BioSonics.com. [21 Januari 2011].
- Chairul Rezi, Muhammad. 2003. *Perancangan Perangkat Keras Untuk Mengukur Kedalaman Dan Karakteristik Dasar Laut Dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik*. Skripsi. Teknik Fisika Institut Teknologi Bandung
- Charnila, D dan H.M. Manik. 2010. *Pemetaan dan Klasifikasi Sedimen Dengan Menggunakan Instrumen Side Scan Sonar Di Perairan Balongan Indramayu- Jawa Barat*. Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan. Vol. 1. No.1. ISSN2087-4871.
- Djunarsah, E. 2005. *Diktat Hidrografi*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung
- Djunarsah, E. dan Poerbandono. 2005. *Survey Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama
- Gumbira, Gugum H.Z. 2011. *Aplikasi Instrumen Multibeam Sonar Dalam Kegiatan Peletakan Pipa Bawah Laut*. Skripsi [Tidak Dipublikasikan]. Program Studi Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Hutabarat, S dan M. E. Stewart. 2000. *Pengantar oseanografi*. UI – Press. Jakarta
- IHO. 1998. *Special Publication 44. International Hydrography Bureau*. Monaco.
- IHO. 2008. *Standards For Hydrographic Surveys*. International Hydrographic Bureau. Monaco.
- Kagesten, G. 2008. *Geological Seafloor Mapping With Backscatter Data From Multibeam Echosounder*. Departement Of Earth Science, Gothenberg University.
- Kinsler, L.E. et al. 2000. *Fundamental of Acoustics*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. United State of America
- Poerbandono. 1999. *Hidrografi Dasar*. Jurusan Teknik Geodesi. Institut Teknologi Bandung.
- Manik, H.M., M. Furusawa, K.Akamatsu. 2006. *Quantifying Sea Bottom Surface Backscattering Strength and Identifying Bottom Fish Habitat by Quantitative Echo Sounder*. Jpn.J.App.Pshy. Vol.45. No.5B:4865-4867

- Manik, H. M. 2008. *Deteksi dan Kuantifikasi Bottom Acoustic Backscattering Strength dengan Instrumen Echo Sounder*, h 67-68. Prosiding Seminar Instrumentasi Berbasis Fisika 2008, 28 Agustus 2008, Bandung, Indonesia. Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Mann, Robert and Godin, André. 1996. *Field Procedures for the Calibration of Shallow Water Multibeam Echo-Sounding Systems*. Canadian Hydrographic Conference, Canada.
- [PPDKK BAKOSURTANAL] Pusat Pemetaan Dasar Kelautan dan kedirgantaraan . 2004. *Norma Pedoman Prosedur Standar dan Spesifikasi survei Hidrografi*. [http://www.bakosurtanal.go.id/upl\\_file/tutorial/survei\\_hidrografi.doc](http://www.bakosurtanal.go.id/upl_file/tutorial/survei_hidrografi.doc). [22 Januari 2011].
- Pandi Nugroho, Agung. 2011. *Pemetaan Dasar Laut Menggunakan Multibeam Echosounder Untuk Penelitian Laut Dalam (Studi Kasus: Survei Index – Satal 2000). Tugas Akhir [Tidak Dipublikasikan]*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Sasmitha, D.K. 2008. *Aplikasi Multibeam Echosounder System (MBES) untuk Keperluan Batimetrik*. Tugas Akhir [Tidak Dipublikasikan]. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Wentworth CK. 1922. *A Scale of Grade And Class Terms For Clastic Sediments*. Journal of Geology 30: 377–392.
- Wirza, Elfira. 2008. *Rekonstruksi Sinyal Akustik A-Mode Menjadi B-Mode Sebagai Dasar Sistem Pencitraan Ultrasonik*. Skripsi. Program Fisika Universitas Indonesia